

THIN FILM MAGNETIC HEAD AND ITS MANUFACTURING METHOD

Patent Number: JP2003016608
Publication date: 2003-01-17
Inventor(s): SATO KEIICHI; ROPPONGI TETSUYA
Applicant(s): TDK CORP
Requested Patent: JP2003016608
Application Number: JP20010197291 20010628
Priority Number(s):
IPC Classification: G11B5/31
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To extend the magnetic field in the direction vertical to the surface of a recording medium, which is generated by a magnetic pole part.

SOLUTION: The thin film magnetic head is provided with first and second magnetic layers 8 and 14, a gap layer 9 formed between the first and second magnetic layers 8 and 14, and a thin film coil 10 partially installed between the first and second magnetic layers 8 and 14. The second magnetic layer 14 has a magnetic pole part layer 14A exposed to a medium opposite surface ABS, and a yoke part layer 14B for magnetically interconnecting the magnetic pole layer 14A and the first magnetic layer 8 through a connecting part 14C without being exposed to the medium opposite surface 14A. The yoke part layer 14B is magnetically connected to the surface of the gap layer 9 side of the magnetic pole part layer 14. The end surface of the medium opposite surface ABS side of the yoke part layer 14B is gradually separated from the medium opposite surface ABS further apart from the magnetic pole part layer 14A.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-16608

(P2003-16608A)

(43) 公開日 平成15年1月17日 (2003.1.17)

(51) Int.Cl.⁷

G11B 5/31

識別記号

F I

G11B 5/31

テームト* (参考)

C 5 D 0 3 3

D

K

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-197291 (P2001-197291)

(22) 出願日 平成13年6月28日 (2001.6.28)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 佐藤 慶一

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72) 発明者 六本木 哲也

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(74) 代理人 100107559

弁理士 星宮 勝美

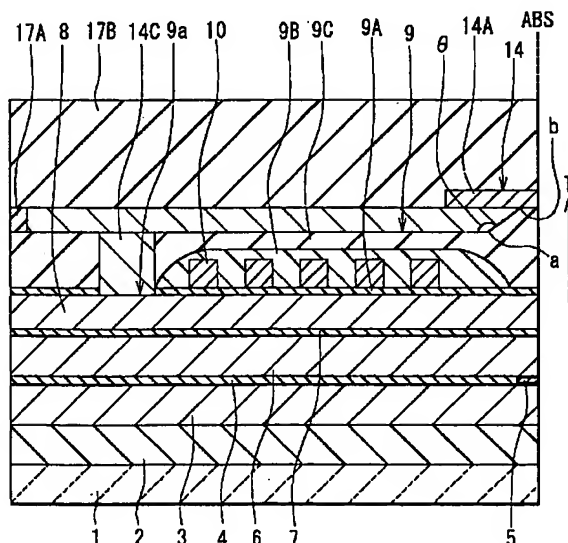
Fターム(参考) 5D033 AA05 BA08 BB43 DA01 DA02
DA08 DA31

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくする。

【解決手段】 薄膜磁気ヘッドは、第1の磁性層8および第2の磁性層14と、第1の磁性層8と第2の磁性層14との間に設けられたギャップ層9と、一部が第1の磁性層8および第2の磁性層14の間に設けられた薄膜コイル10とを備えている。第2の磁性層14は、媒体対向面ABSに露出する磁極部分層14Aと、媒体対向面ABSに露出せずに、連結部14Cを介して磁極部分層14Aと第1の磁性層8とを磁氣的に接続するヨーク部分層14Bとを有している。ヨーク部分層14Bは、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面に磁氣的に接続されている。ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面は、磁極部分層14Aから離れるに従って徐々に媒体対向面ABSから離れている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、前記媒体対向面から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第1および第2の磁性層と、非磁性材料よりなり、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第1および第2の磁性層の間に、前記第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドであって、前記第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面に露出する磁極部分層と、媒体対向面に露出せずに、前記磁極部分層と前記第1の磁性層とを磁氣的に接続するヨーク部分層とを有し、前記ヨーク部分層は、前記磁極部分層の前記ギャップ層側の面において、前記磁極部分層に対して磁氣的に接続され、前記ヨーク部分層の媒体対向面側の端面は、前記磁極部分層から離れるに従って徐々に媒体対向面から離れていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 前記ヨーク部分層のギャップ層とは反対側の面は平坦であることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 前記磁極部分層の飽和磁束密度は、前記ヨーク部分層の飽和磁束密度以上であることを特徴とする請求項1または2記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 更に、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えたことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 垂直磁気記録方式に用いられることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】 記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、前記媒体対向面から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第1および第2の磁性層と、非磁性材料よりなり、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第1および第2の磁性層の間に、前記第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、前記第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面に露出する磁極部分層と、媒体対向面に露出せずに、前記磁極部分層と前記第1の磁性層とを磁氣的に接続するヨーク部分層とを有し、前記ヨーク部分層は、前記磁極部分層の前記ギャップ層側の面において、前記磁極部分層に対して磁氣的に接続され、前記ヨーク部分層の媒体対向面側の端面は、前記磁極部分層から離れるに従って徐々に媒体対向

面から離れている薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、前記第1の磁性層を形成する工程と、前記薄膜コイルを形成する工程と、前記ギャップ層を形成する工程と、前記第2の磁性層を形成する工程とを備え、前記第2の磁性層を形成する工程は、前記ギャップ層の第2の磁性層側の面を平坦化する工程と、前記ギャップ層の第2の磁性層側の面のうちの、媒体対向面側の一部の上にマスクを形成する工程と、前記マスクを用いて、ドライエッチングによって、前記ギャップ層の一部をエッチングして、前記ヨーク部分層の下地の形状を決定する工程と、前記下地の上に前記ヨーク部分層を形成する工程と、前記ギャップ層の第2の磁性層側の面のうちの、前記マスクが形成されていた部分が露出し、且つ前記ヨーク部分層の媒体対向面側の端面の形状が決定されるまで、前記ヨーク部分層を研磨して、前記ヨーク部分層のギャップ層とは反対側の面を平坦化する工程と、前記ギャップ層および前記ヨーク部分層の上に、前記磁極部分層を形成する工程とを含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、少なくとも書込み用の誘導型電磁変換素子を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気記録再生装置における記録方式には、信号磁化の向きを記録媒体の面内方向（長手方向）とする長手磁気記録方式と、信号磁化の向きを記録媒体の面に対して垂直な方向とする垂直磁気記録方式とがある。垂直磁気記録方式は、長手磁気記録方式に比べて、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくく、高い線記録密度を実現することが可能であると言われている。

【0003】長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドは、一般的に、記録媒体に対向する媒体対向面（エアベアリング面）と、互いに磁氣的に連結され、媒体対向面側においてギャップ部を介して互いに対向する磁極部分を含む第1および第2の磁性層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた構造になっている。

【0004】一方、垂直磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドには、長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドと同様の構造のリングヘッドと、一つの主磁極によって記録媒体の面に対して垂直方向の磁界を印加する単磁極ヘッドとがある。単磁極ヘッドを用いる場合には、記録媒体としては一般的に、基板上に軟磁性層と磁気記録層とを積層した2層媒体が用いられる。

【0005】ところで、近年の高記録密度化に伴い、薄膜磁気ヘッドではトラック幅の縮小が望まれている。そのため、上記単磁極ヘッドにおいても主磁極の幅の縮小が望まれている。しかしながら、従来、主磁極の幅の縮小を妨げる以下の2つの問題点があった。

【0006】第1の問題点は、主磁極の幅を例えば0.5 μ m以下とするような主磁極の高精度のパターニングが困難なことである。すなわち、主磁極は、例えば、フォトリソグラフィ技術によって形成されたレジストフレームを用いて、電気めっき法（フレームめっき法）によって形成される。ところが、従来、主磁極は、コイルを覆って盛り上がった絶縁層の上に形成されるため、レジストフレームも凹凸の高低差の大きな絶縁層の上に形成されることになる。この場合、レジストの膜厚を均一にすることは難しいため、レジストフレームを精度よくパターニングすることが難しい。そのため、主磁極の高精度のパターニングが困難になる。

【0007】第2の問題点は、主磁極の幅を縮小すると、磁束が主磁極の先端に到達する前に飽和してしまい、媒体対向面において主磁極の先端より発生される磁界が小さくなることである。

【0008】従来、長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドにおいても同様な問題点があった。この問題点を解決するために、長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドでは、一方の磁性層を、媒体対向面に露出する磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、この磁極部分層へ磁束を導くヨーク部分層とに分けた構造が多く採用されている。この構造によれば、磁極部分層の飽和磁束密度をヨーク部分層の飽和磁束密度よりも大きくすることで磁束を効率的に磁極部分の先端まで導くことが可能になり、且つ幅の小さな磁極部分を形成することが可能になる。

【0009】上述のような長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドの例は、例えば特開2000-57522号公報や特開2001-67614号公報に示されている。特開2000-57522号公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク部分層は、磁極部分層のギャップ部とは反対側の面および幅方向の両側面で、磁極部分層に対して磁気的に接続されている。特開2001-67614号公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク部分層は、磁極部分層のギャップ部とは反対側の面で、磁極部分層に対して磁気的に接続されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】垂直磁気記録方式用のヘッドでは、記録媒体の面に対して垂直な方向の磁界を大きくすることが重要である。しかしながら、前記の特開2000-57522号公報や特開2001-67614号公報に示された薄膜磁気ヘッドは、いずれも、構造上、長手磁気記録方式用のヘッドであり、垂直磁気記録方式には適していない。具体的に説明すると、各公報

に示された薄膜磁気ヘッドでは、いずれも、トラック方向についてのギャップ部の長さが短いと共に、ヨーク部分層はコイルを迂回するように配置され、必ず磁極部分層のギャップ部とは反対側の面に対して磁気的に接続される。そのため、各公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界が小さくなるという問題点がある。

【0011】また、磁極部分層とヨーク部分層とを有する長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドでは、特開2001-67614号公報に記載されているように、磁束を効率よくヨーク部分層から磁極部分層に伝達するために、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面が媒体対向面に対して平行であることが好ましいと考えられていた。

【0012】しかしながら、垂直磁気記録方式用のヘッドにおいて、一方の磁性層が磁極部分層とヨーク部分層とを有し、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面が媒体対向面に対して平行となる構成にする場合には、以下のような問題点がある。

【0013】まず、磁極部分から発生される磁界を大きくするためには、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面を、できるだけ媒体対向面に近づける必要がある。しかしながら、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面が媒体対向面に対して平行な場合には、この端面を媒体対向面に近づけすぎると、ヨーク部分層の端面から、磁極部分層を経由せずに、直接、記録媒体へ磁束が漏れてしまい、この磁束によって記録媒体において情報の記録が行われてしまう。そのため、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面が媒体対向面に対して平行な場合には、この端面を媒体対向面から適当な位置まで離す必要があり、そのため、磁極部分から発生される磁界をあまり大きくすることができないという問題点がある。

【0014】また、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面が媒体対向面に対して平行な場合には、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面とこれに直交する面とによって、90°の角度を有するエッジが形成される。そのため、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面が媒体対向面に対して平行な場合には、エッジの近傍で、磁束の漏れが生じたり、渦電流が発生したりして、磁極部分における磁界発生効率低下するという問題点がある。

【0015】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくすることができるようにした薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互に対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面から離れた位置において互いに磁気的に連結された第1および第

2の磁性層と、非磁性材料よりなり、第1の磁性層と第2の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面に露出する磁極部分層と、媒体対向面に露出せずに、磁極部分層と第1の磁性層とを磁気的に接続するヨーク部分層とを有し、ヨーク部分層は、磁極部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁気的に接続され、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面は、磁極部分層から離れるに従って徐々に媒体対向面から離れているものである。

【0017】本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、ヨーク部分層は、磁極部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁気的に接続されている。従って、本発明では、媒体対向面において磁極部分より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくすることが可能になると共に、薄膜コイルから発生される磁界をヨーク部分層によって効率よく吸収することが可能になる。また、本発明では、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面は、磁極部分層から離れるに従って徐々に媒体対向面から離れている。従って、本発明では、磁極部分層を経由せずに、ヨーク部分層の端面から直接、記録媒体へ磁束が流れることを防止しながら、ヨーク部分層と磁極部分層との接触面を媒体対向面に近づけることが可能になる。また、本発明では、第2の磁性層のギャップ層側の面に 90° 以下の角度を有するエッジは存在しないので、エッジの近傍における磁束の漏れや渦電流の発生を防止して、効率よく磁界を発生させることが可能になる。

【0018】本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク部分層のギャップ層とは反対側の面は平坦であってもよい。

【0019】また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部分層の飽和磁束密度は、ヨーク部分層の飽和磁束密度以上であってもよい。

【0020】また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、更に、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えていてもよい。

【0021】また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、垂直磁気記録方式に用いられるものであってもよい。

【0022】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面から離れた位置において互いに磁気的に連結された第1および第2の磁性層と、非磁性材料よりなり、第1の磁性層と第2の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部

が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面に露出する磁極部分層と、媒体対向面に露出せずに、磁極部分層と第1の磁性層とを磁気的に接続するヨーク部分層とを有し、ヨーク部分層は、磁極部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁気的に接続され、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面は、磁極部分層から離れるに従って徐々に媒体対向面から離れている薄膜磁気ヘッドを製造する方法である。

【0023】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、第1の磁性層を形成する工程と、薄膜コイルを形成する工程と、ギャップ層を形成する工程と、第2の磁性層を形成する工程とを備え、第2の磁性層を形成する工程は、ギャップ層の第2の磁性層側の面を平坦化する工程と、ギャップ層の第2の磁性層側の面のうちの、媒体対向面側の一部の上にマスクを形成する工程と、マスクを用いて、ドライエッチングによって、ギャップ層の一部をエッチングして、ヨーク部分層の下地の形状を決定する工程と、下地の上にヨーク部分層を形成する工程と、ギャップ層の第2の磁性層側の面のうちの、マスクが形成されていた部分が露出し、且つヨーク部分層の媒体対向面側の端面の形状が決定されるまで、ヨーク部分層を研磨して、ヨーク部分層のギャップ層とは反対側の面を平坦化する工程と、ギャップ層およびヨーク部分層の上に、磁極部分層を形成する工程とを含むものである。

【0024】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、ヨーク部分層は、磁極部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁気的に接続されるように、薄膜磁気ヘッドが製造される。従って、本発明では、磁極部分が第1の磁性層から適当な距離をもって離されるため、媒体対向面において磁極部分より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくすることが可能になると共に、薄膜コイルから発生される磁界をヨーク部分層によって効率よく吸収することが可能になる。また、本発明では、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面は、磁極部分層から離れるに従って徐々に媒体対向面から離れるように、薄膜磁気ヘッドが製造される。従って、本発明では、磁極部分層を経由せずに、ヨーク部分層の端面から直接、記録媒体へ磁束が流れることを防止しながら、ヨーク部分層と磁極部分層との接触面を媒体対向面に近づけることが可能になる。また、本発明では、第2の磁性層のギャップ層側の面に 90° 以下の角度を有するエッジは存在しなくなるので、エッジの近傍における磁束の漏れや渦電流の発生を防止して、効率よく磁界を発生させることが可能になる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態につい

て図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図1は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。また、図1において記号Tで示す矢印は、記録媒体の進行方向を表している。図2は図1に示した薄膜磁気ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。図3は、図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける第2の磁性層の形状を示す平面図である。

【0026】図1および図2に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、アルティック ($Al_2O_3 \cdot TiC$) 等のセラミック材料よりなる基板1と、この基板1の上に形成されたアルミナ (Al_2O_3) 等の絶縁材料よりなる絶縁層2と、この絶縁層2の上に形成された磁性材料よりなる下部シールド層3と、この下部シールド層3の上に、絶縁層4を介して形成された再生素子としてのMR (磁気抵抗効果) 素子5と、このMR素子5の上に絶縁層4を介して形成された磁性材料よりなる上部シールド層6とを備えている。下部シールド層3および上部シールド層6の厚みは、それぞれ例えば1~2 μm である。

【0027】MR素子5の一端部は、媒体対向面 (エアベアリング面) ABSに配置されている。MR素子5には、AMR (異方性磁気抵抗効果) 素子、GMR (巨大磁気抵抗効果) 素子あるいはTMR (トンネル磁気抵抗効果) 素子等の磁気抵抗効果を示す感磁膜を用いた素子を用いることができる。

【0028】薄膜磁気ヘッドは、更に、上部シールド層6の上に形成された非磁性層7と、この非磁性層7の上に形成された磁性材料よりなる第1の磁性層8と、この第1の磁性層8の上において薄膜コイル10を形成すべき位置に形成された絶縁層9Aと、この絶縁層9Aの上に形成された薄膜コイル10と、少なくとも薄膜コイル10の巻線間に充填された絶縁層9Bとを備えている。絶縁層9Aには、媒体対向面ABSから離れた位置において、コンタクトホール9aが形成されている。

【0029】第1の磁性層8の厚みは例えば1~2 μm である。第1の磁性層8を構成する磁性材料は、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、後述するような高飽和磁束密度材でもよい。また、第1の磁性層8は、2つ以上の層で構成してもよい。

【0030】絶縁層9Aは、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料よりなり、その厚みは例えば0.1~1 μm である。

【0031】薄膜コイル10は、銅等の導電性の材料よりなり、その巻線の厚みは例えば0.3~2 μm である。薄膜コイル10の巻数は任意であり、巻線のピッチも任意である。

【0032】絶縁層9Bは、形成時に流動性を有する非導電性且つ非磁性の材料よりなる。具体的には、絶縁層9Bは、例えば、フォトレジスト (感光性樹脂) のよう

な有機系の非導電性非磁性材料によって形成してもよいし、塗布ガラスよりなるスピノングラス (SOG) 膜で形成してもよい。

【0033】薄膜磁気ヘッドは、更に、コンタクトホール9aが形成された位置において第1の磁性層8の上に形成された磁性材料よりなる連結部14Cと、薄膜コイル10、絶縁層9Aおよび絶縁層9Bを覆うように形成された絶縁層9Cとを備えている。薄膜コイル10は、連結部14Cの回りに巻回されている。

【0034】連結部14Cの形状は、例えば、厚みが2~4 μm 、奥行き (媒体対向面ABSに垂直な方向の長さ) が2~10 μm 、幅が4~20 μm である。連結部14Cを構成する磁性材料は、例えば鉄-ニッケル系合金でもよいし、後述するような高飽和磁束密度材でもよい。

【0035】絶縁層9Cは、絶縁層9Bよりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた非導電性且つ非磁性の材料よりなる。このような材料としては、アルミナやシリコン酸化物 (SiO_2) 等の無機系の非導電性非磁性材料を用いることができる。媒体対向面ABSにおける絶縁層9Aおよび絶縁層9Cの合計の厚みは、例えば2~4 μm である。絶縁層9A、9B、9Cは、第1の磁性層8と後述する第2の磁性層14との間に設けられるギャップ層9を構成する。

【0036】薄膜磁気ヘッドは、絶縁層9Cの上に形成された磁性材料よりなる第2の磁性層14を備えている。第2の磁性層14は、媒体対向面ABSから離れた位置において、第1の磁性層8と磁気的に連結されている。本実施の形態では、薄膜コイル10の第2の磁性層14側の面は、媒体対向面ABSにおけるギャップ層9の第2の磁性層14側の端部の位置よりも、第1の磁性層8側に配置されている。

【0037】第2の磁性層14は、前述の連結部14Cと、磁極部分を含む磁極部分層14Aと、ヨーク部分となり、連結部14Cを介して磁極部分層14Aと第1の磁性層8とを磁気的に接続するヨーク部分層14Bとを有している。磁極部分層14Aの一端部は媒体対向面ABSに露出している。ヨーク部分層14Bのギャップ層9とは反対側の面は平坦になっている。ヨーク部分層14Bは、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面において、磁極部分層14Aに対して磁気的に接続されている。また、ヨーク部分層14Bは媒体対向面ABSに露出していない。ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面は、磁極部分層14Aから離れるに従って徐々に媒体対向面ABSから離れている。

【0038】ここで、図1に示した断面において、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面とヨーク部分層14Bのギャップ層9側の面とが交わる点をaとし、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面とヨーク部分層14Bの磁極部分層14A側の面とが交わ

る点をbとする。

【0039】ヨーク部分層14Bを構成する磁性材料としては、高抵抗の磁性材料を用いるのが好ましい。このような材料としては、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイがある。

【0040】磁極部分層14Aの飽和磁束密度は、ヨーク部分層14Bの飽和磁束密度以上であることが好ましい。磁極部分層14Aを構成する磁性材料としては、飽和磁束密度が1.4T以上の高飽和磁束密度材を用いるのが好ましい。高飽和磁束密度材としては、鉄および窒素原子を含む材料、鉄、ジルコニアおよび酸素原子を含む材料、鉄およびニッケル元素を含む材料等を用いることができる。具体的には、高飽和磁束密度材としては、例えば、NiFe (Ni:45重量%, Fe:55重量%)、FeNやその化合物、Co系アモルファス合金、Fe-Co、Fe-M (必要に応じてO (酸素原子)も含む。)、Fe-Co-M (必要に応じてO (酸素原子)も含む。)の中のうちの少なくとも1種類を用いることができる。ここで、Mは、Ni, N, C, B, Si, Al, Ti, Zr, Hf, Mo, Ta, Nb, Cu (いずれも化学記号)の中から選択された少なくとも1種類である。

【0041】ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面とヨーク部分層14Bのギャップ層9側の面とがなす角度 θ は、 90° よりも大きい。この角度 θ は $120^\circ \sim 150^\circ$ であることが好ましい。ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面と、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面のうちの点bよりも媒体対向面ABS側の部分とのなす角度は、 θ にほぼ等しい。従って、この角度も、 90° よりも大きく、 $120^\circ \sim 150^\circ$ であることが好ましい。なお、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面とヨーク部分層14Bのギャップ層9側の面とが交差する部分(点aの近傍)は、角を形成せずに、丸みを帯びていてもよい。

【0042】連結部14Cの上におけるヨーク部分層14Bの厚みは、 $1 \sim 3 \mu\text{m}$ が好ましい。ヨーク部分層14Bの最も媒体対向面ABSに近い端部、すなわち点bと媒体対向面ABSとの距離は $1 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【0043】磁極部分層14Aの厚みは $0.1 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 程度が好ましい。また、磁極部分層14Aの媒体対向面ABSとは反対側の端面と媒体対向面ABSとの距離は $2 \sim 20 \mu\text{m}$ が好ましい。また、媒体対向面ABSに露出する磁極部分層14Aの面の形状は、記録媒体の進行方向Tの後側(スライダにおける空気流入端側)に配置される下辺が上辺よりも小さい台形、あるいは記録媒体の進行方向Tの後側に頂点を有する逆三角形であることが好ましい。

【0044】図3に示したように、磁極部分層14Aのうちの媒体対向面ABS側の一部は、トラック幅と等しい一定の幅を有するのが好ましい。また、磁極部分層1

4Aのうちの媒体対向面ABSから離れた部分では、磁束を途中で飽和させずに媒体対向面ABS側に伝達できるように、幅が大きいことが好ましい。従って、磁極部分層14Aの平面形状としては、例えば図3に示した形状が好ましい。図3に示した例では、磁極部分層14Aは、媒体対向面ABS側から順に配置された第1の部分14Aa、第2の部分14Abおよび第3の部分14Acを含んでいる。第1の部分14Aaは、トラック幅と等しい一定の幅を有している。第1の部分14Aaの幅は $0.3 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。第3の部分14Acは、第1の部分14Aaの幅よりも大きい一定の幅を有している。第3の部分14Acの幅は例えば $2 \mu\text{m}$ 以上である。第2の部分14Abの幅は、第3の部分14Acとの境界位置では第3の部分14Acの幅と等しく、第1の部分14Aaとの境界位置では第1の部分14Aaの幅と等しく、途中の部分では、媒体対向面ABSに近づくに従って徐々に小さくなっている。

【0045】薄膜磁気ヘッドは、更に、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料よりなり、ヨーク部分層14Bの周囲に配置された保護層17Aを備えている。ヨーク部分層14Bの上面は、保護層17Aの上面と共に平坦化されている。

【0046】薄膜磁気ヘッドは、更に、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料よりなり、ヨーク部分層14B、保護層17Aおよび磁極部分層14Aの上に形成された保護層17Bを備えている。

【0047】以上説明したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面ABSと再生ヘッドと記録ヘッド(誘導型電磁変換素子)とを備えている。再生ヘッドは、再生素子としてのMR素子5と、媒体対向面ABS側の一部がMR素子5を挟んで対向するように配置された、MR素子5をシールドするための下部シールド層3および上部シールド層6を備えている。

【0048】記録ヘッドは、媒体対向面ABS側において記録媒体の進行方向Tの前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面ABSから離れた位置において互いに磁気的に連結された第1の磁性層8および第2の磁性層14と、非磁性材料よりなり、第1の磁性層8と第2の磁性層14との間に設けられたギャップ層9と、少なくとも一部が第1の磁性層8および第2の磁性層14の間に、これらの磁性層8, 14に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイル10とを備えている。

【0049】第2の磁性層14は、磁極部分を含み、媒体対向面ABSに露出する磁極部分層14Aと、媒体対向面ABSに露出せずに、連結部14Cを介して磁極部分層14Aと第1の磁性層8とを磁気的に接続するヨーク部分層14Bと、連結部14Cとを有している。

【0050】ヨーク部分層14Bは、磁極部分層14A

のギャップ層9側の面において、磁極部分層14Aに対して磁気的に接続されている。ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面は、磁極部分層14Aから離れるに従って徐々に媒体対向面ABSから離れている。また、ヨーク部分層14Bのギャップ層9とは反対側の面は平坦になっている。

【0051】本実施の形態では、ヨーク部分層14Bが、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面において、磁極部分層14Aに対して磁気的に接続されている。従って、本実施の形態によれば、媒体対向面ABSにおいて第1の磁性層8と第2の磁性層14との間の距離を大きくしながら、媒体対向面ABSから離れたところでは第2の磁性層14と薄膜コイル10との間の距離を小さくすることができる。これにより、本実施の形態によれば、媒体対向面ABSにおいて磁極部分より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくすることが可能になると共に、薄膜コイル10から発生される磁界を第2の磁性層14によって効率よく吸収することが可能になる。その結果、本実施の形態によれば、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくすることができる。

【0052】また、本実施の形態では、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面は、磁極部分層14Aから離れるに従って徐々に媒体対向面ABSから離れている。従って、本実施の形態によれば、ヨーク部分層14Bの端面から、磁極部分層14Aを経由せずに、直接、記録媒体へ磁束が漏れることを防止しながら、ヨーク部分層14Bと磁極部分層14Aとの接触面を媒体対向面ABSに近づけることが可能になる。また、本実施の形態では、第2の磁性層14のギャップ層9側の面に90°以下の角度を有するエッジは存在しないので、エッジの近傍における磁束の漏れや渦電流の発生を防止して、効率よく磁界を発生させることが可能になる。これらのことから、本実施の形態によれば、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界をより大きくすることができる。

【0053】また、本実施の形態において、媒体対向面ABSに露出する磁極部分層14Aの面の形状は、記録媒体の進行方向Tの後側（スライダにおける空気流入端側）に配置される下辺が上辺よりも小さい台形、あるいは記録媒体の進行方向Tの後側に頂点を有する逆三角形であることが好ましい。これにより、薄膜磁気ヘッドを垂直磁気記録方式に用いた場合には、スキュー角が生じたときの記録トラック幅の変化を抑えることができる。

【0054】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、垂直磁気記録方式に用いるのに適している。この薄膜磁気ヘッドを垂直磁気記録方式に用いる場合、第2の磁性層14の磁極部分層14Aにおける第1の部分14Aaが主磁極となり、第1の磁性層8の磁極部分が補助磁極と

なる。なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドを垂直磁気記録方式に用いる場合には、記録媒体としては2層媒体と単層媒体のいずれをも使用することが可能である。

【0055】また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、記録媒体の面に垂直な方向の磁界は長手方向の磁界よりも大きく、ヘッドが発生する磁気エネルギーを効率よく、記録媒体に伝達することができる。従って、この薄膜磁気ヘッドによれば、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくくして、線記録密度を高めることができる。

【0056】図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、第1の磁性層8を記録媒体の進行方向Tの後側（薄膜磁気ヘッドを含むスライダにおける空気流入端側）に配置し、第2の磁性層14を記録媒体の進行方向Tの前側（薄膜磁気ヘッドを含むスライダにおける空気流出端側）に配置するのが好ましい。しかし、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドを垂直磁気記録方式に用いる場合には、第1の磁性層8と第2の磁性層14の配置は、上記の配置とは逆でもよい。

【0057】また、図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層9は、形成時に流動性を有する材料よりなり、少なくとも薄膜コイル10の巻線間に充填された第1の部分（絶縁層9B）と、この第1の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料よりなり、薄膜コイル10および第1の部分を覆い、第1の磁性層8および第2の磁性層14に接する第2の部分（絶縁層9A、9C）とを有している。ギャップ層9の第2の部分は、媒体対向面ABSに露出している。薄膜コイル10の巻線間に隙間なく非磁性材料を充填することは、スパッタリング法では困難であるが、有機系の材料のように流動性を有する非磁性材料を用いた場合には容易である。しかし、有機系の材料は、ドライエッチングに対する耐性、耐食性、耐熱性、剛性等の点で信頼性に乏しい。本実施の形態では、上述のように、形成時に流動性を有する材料によって薄膜コイル10の巻線間に充填された第1の部分（絶縁層9B）を形成し、この第1の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料によって、薄膜コイル10および第1の部分を覆い、第1の磁性層8および第2の磁性層14に接する第2の部分（絶縁層9A、9C）を形成するようにしたので、薄膜コイル10の巻線間に隙間なく非磁性材料を充填でき、且つギャップ層9の信頼性を高めることができる。

【0058】また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、再生素子としてのMR素子5を備えている。これにより、誘導型電磁変換素子を用いて再生を行う場合に比べて、再生性能を向上させることができる。また、MR素子5は、シールド層3、6によってシールドされているので、再生時の分解能を向上させることができる。

【0059】次に、図4ないし図33を参照して、本実

施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。図4ないし図6、図7ないし図9、図10ないし図12、図13ないし図15、図16ないし図18、図19ないし図21、図22ないし図24、図25ないし図27、図28ないし図30、図31ないし図33の各組は、それぞれ、同じ工程に対応している。また、図4、図7、図10、図13、図16、図19、図22、図25、図28および図31は、媒体対向面および基板の面に垂直な断面を表している。図5、図8、図11、図14、図17、図20、図23、図26、図29および図32は、図4におけるA-A線断面に対応する断面を表している。図6、図9、図12、図15、図18、図21、図24、図27、図30および図33は、媒体対向面に対応する断面を表している。

【0060】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、基板1の上に絶縁層2を形成する。次に、絶縁層2の上に下部シールド層3を形成する。次に、下部シールド層3の上に、絶縁層4の一部となる絶縁膜を形成し、この絶縁膜の上にMR素子5と、このMR素子5に接続される図示しないリードとを形成する。次に、MR素子5およびリードを、絶縁層4の他の一部となる新たな絶縁膜で覆い、MR素子5およびリードを絶縁層4内に埋設する。

【0061】次に、絶縁層4の上に上部シールド層6を形成し、その上に非磁性層7を形成する。次に、この非磁性層7の上に、第1の磁性層8を所定の形状に形成する。次に、図示しないが、非磁性層7および第1の磁性層8をアルミナ等の非磁性材料で覆い、第1の磁性層8が露出するまで非磁性材料を研磨して、第1の磁性層8の上面を平坦化する。なお、図4ないし図33では、基板1ないし非磁性層7を省略している。

【0062】次に、図4ないし図6に示したように、第1の磁性層8の上に、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料をスパッタして、絶縁層9Aを形成する。次に、周知のフォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術とを用いて、連結部14Cを形成すべき位置において、絶縁層9Aにコンタクトホール9aを形成する。次に、周知のフォトリソグラフィ技術および成膜技術（例えば電気めっき法）を用いて、絶縁層9Aの上に薄膜コイル10を形成する。次に、周知のフォトリソグラフィ技術を用いて、少なくとも薄膜コイル10の巻線間に充填される絶縁層9Bを形成する。

【0063】次に、周知のフォトリソグラフィ技術および成膜技術（例えば電気めっき法）を用いて、コンタクトホール9aが形成された位置において第1の磁性層8の上に連結部14Cを形成する。連結部14Cの厚みは、例えば2～4 μm とする。次に、スパッタ法を用いて、薄膜コイル10、絶縁層9A、絶縁層9Bおよび連結部14Cを覆うように絶縁層9Cを形成する。この時点における絶縁層9Cの厚みは、連結部14Cを十分に

覆うことができる厚みであればよく、例えば6 μm とする。

【0064】次に、図7ないし図9に示したように、例えば化学機械研磨を用いて、絶縁層9Cおよび連結部14Cの上面を平坦化する。この時点で、第1の磁性層8の上面から絶縁層9Cおよび連結部14Cの上面までの距離は、例えば2～4 μm とする。また、媒体対向面ABSにおける絶縁層9Aおよび絶縁層9Cの厚みの総和は、記録ヘッド（誘導型電磁変換素子）のギャップ長となる。

【0065】次に、図10ないし図12に示したように、絶縁層9Cのうちの媒体対向面ABS側の一部の上面に、ドライエッチング用のマスク42を形成する。マスク42の材料は、容易に除去でき、且つ後に行うドライエッチングに対する耐性に優れた材料であることが好ましい。そのような材料としては、例えば、銅や、鉄系合金がある。また、マスク42の材料として例えばニッケル-鉄合金を使用すれば、フレームめっき法等によって容易にマスク42を形成することができる。なお、マスク42は、材料としてレジストを用いて、フォトリソグラフィ技術によって形成してもよい。マスク42の媒体対向面ABSとは反対側の側面42aは、絶縁層9Cの上面に対して垂直であることが好ましい。また、この側面42aと媒体対向面ABSとの間の距離は、1 μm 以下であることが好ましい。

【0066】次に、図13ないし図15に示したように、マスク42を用いて、イオンミリング等のドライエッチングによって、絶縁層9Cの一部および連結部14Cの一部をエッチングして、ヨーク部分層14Bの下地の形状を決定する。ヨーク部分層14Bの下地の上面は、媒体対向面ABS側から順に配置された第1の面e、第2の面fおよび第3の面gを含んでいる。第1の面eは、第1の磁性層8の上面と平行な平面である。この第1の面eは、絶縁層9Cの上面のうち、マスク42によって覆われた部分によって形成される。第3の面gは、第1の磁性層8の上面とほぼ平行な面であり、第1の面eよりも第1の磁性層8側に配置されている。従って、第1の面eと第3の面gとの間には段差が形成されている。第2の面fは、第1の面eと第3の面gとの間に配置され、第3の面gに対して鈍角をなして接続された斜面となっている。第2の面fと第1の面eとの間には段差が形成されている。

【0067】上述のような形状のヨーク部分層14Bの下地の上面は、例えば、基板に対するイオンの入射角を10～80°として基板を回転させながらイオンミリングを行うことで形成することができる。この場合、マスク42の周辺にイオンに対して影となる部分ができるため、マスク42の周辺には、斜面である第2の面fが形成され、マスク42から離れた部分には、ほぼ平面の第3の面gが形成される。

【0068】また、絶縁層9Cと連結部14Cに対するドライエッチングは、第2の面fとなる斜面の上端と下端との高低差が、最終的なヨーク部分層14Bの厚みよりも大きくなるまで行う。

【0069】次に、図16ないし図18に示したように、マスク42を除去する。例えば、マスク42が前述のような金属からなる場合には、連結部14Cをレジストよりなるカバーで覆った後、ウェットエッチングを行えば、マスク42を容易に除去することができる。マスク42がレジストよりなる場合には、レジスト用の剥離液を用いれば、マスク42を容易に除去することができる。

【0070】次に、図19ないし図21に示したように、周知のフレームめっき法によって、絶縁層9Cおよび連結部14Cの上にヨーク部分層14Bを形成する。この時点では、ヨーク部分層14Bは、媒体対向面ABSの近傍における絶縁層9Cの上にも形成されてもよい。また、この時点におけるヨーク部分層14Bの厚みは、ヨーク部分層14Bの上面のうち最も低い部分が、絶縁層9Cの上面における第1の面eよりも高くなるような厚みにする。

【0071】次に、図22および図24に示したように、ヨーク部分層14Bを覆うように保護層17Aを形成する。保護層17Aの厚みは、保護層17Aの上面のうち最も低い部分が、絶縁層9Cの上面における第1の面eよりも高くなるような厚みにする。

【0072】次に、図25ないし図27に示したように、例えば化学機械研磨を用いて、絶縁層9Cの上面のうち、マスク42が形成されていた部分が露出するまで、保護層17A、ヨーク部分層14Bおよび絶縁層9Cの上面を研磨して、これらを平坦化する。この研磨は、研磨面が第2の面fの上端と一致するまで行うとよい。これにより、第2の磁性層14の厚みが決定されると共に、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面の形状が決定される。

【0073】次に、図28ないし図30に示したように、フレームめっき法やスパッタリング法によって、ヨーク部分層14Bおよび絶縁層9Cの上に、磁極部分層14Aを形成する。スパッタリング法によって磁極部分層14Aを形成する場合には、図25ないし図27に示した研磨面の全面に、磁極部分層14Aを構成する材料よりなる被エッチング層と非磁性層とを順に積層し、更にその上に、磁極部分層14Aの形状に対応した形状のマスクを形成し、このマスクを用いて、ドライエッチングによって、非磁性層および被エッチング層をエッチングして、磁極部分層14Aを形成してもよい。この方法によれば、被エッチング層の上面を非磁性層で保護した状態で磁極部分層14Aの外形を決定でき、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の端部の平坦性を維持することができる。

【0074】次に、図31ないし図33に示したように、積層面の全体を覆うように保護層17Bを形成する。次に、保護層17Bの上に配線や端子等を形成し、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面ABSの研磨、浮上用レールの作製等を行って、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0075】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドと同様の作用、効果の他に、以下のような作用、効果が得られる。

【0076】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、マスク42を用いて、ドライエッチングによって、絶縁層9Cの一部および連結部14Cの一部をエッチングして、ヨーク部分層14Bの下地の形状を決定する。このとき、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面に対応する斜面である第2の面fを形成する。その後、下地の上にヨーク部分層14Bを形成する。このような方法によってヨーク部分層14Bを形成することにより、磁極部分層14Aとの接続面の媒体対向面ABS側の端部の位置精度が $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 以下と良く、且つ、媒体対向面ABS側の端面が、磁極部分層14Aから離れるに従って徐々に媒体対向面ABSから離れる形状をなすヨーク部分層14Bを、容易に形成することが可能になる。

【0077】本実施の形態における上記方法とは逆に、ヨーク部分層14Bを形成した後に絶縁層9Cを形成する場合には、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面を上記の形状にすることは難しい。それは、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端面を上記の形状、すなわちアンダーカットの入った形状に形成した後に、その端面の下側に絶縁層9Cの材料を埋め込むことが難しいからである。

【0078】なお、本発明は上記実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、本発明の薄膜磁気ヘッドは、第2の磁性層を先に形成し、この第2の磁性層の上にギャップ層と連結部を形成し、これらの上に第1の磁性層を形成して製造してもよい。

【0079】また、本発明は、基体側に書き込み用の誘導型電磁変換素子を形成し、その上に、読み取り用のMR素子を形成した構造の薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

【0080】また、本発明は、誘導型電磁変換素子のみを備えた記録専用の薄膜磁気ヘッドや、誘導型電磁変換素子によって記録と再生を行う薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

【0081】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし5のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項6記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、ヨーク部分層は、磁極

部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁氣的に接続される。従って、本発明によれば、媒体対向面において磁極部分より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくすることが可能になると共に、薄膜コイルから発生される磁界をヨーク部分層によって効率よく吸収することが可能になる。また、本発明では、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面は、磁極部分層から離れるに従って徐々に媒体対向面から離れている。従って、本発明によれば、磁極部分層を経由せずに、ヨーク部分層の端面から直接、記録媒体へ磁束が流れることを防止しながら、ヨーク部分層と磁極部分層との接触面を媒体対向面に近づけることが可能になる。また、本発明によれば、第2の磁性層のギャップ層側の面に 90° 以下の角度を有するエッジは存在しないので、エッジの近傍における磁束の漏れや渦電流の発生を防止して、効率よく磁界を発生させることが可能になる。これらのことから、本発明によれば、薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくすることができるという効果を奏する。

【0082】また、請求項4記載の薄膜磁気ヘッドによれば、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えたので、誘導型電磁変換素子を用いて再生を行う場合に比べて、再生性能を向上させることができるという効果を奏する。

【0083】また、請求項5記載の薄膜磁気ヘッドによれば、この薄膜磁気ヘッドが垂直磁気記録方式に用いられるようにしたので、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくくして、線記録密度を高めることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

【図2】図1に示した薄膜磁気ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。

【図3】図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける第2の磁性層の形状を示す平面図である。

【図4】本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を示す断面図である。

【図5】図4のA-A線断面を表す断面図である。

【図6】図4に示した状態における媒体対向面に対応する断面を表す断面図である。

【図7】図4に続く工程を示す断面図である。

【図8】図7に示した状態における図4のA-A線断面に対応する断面を表す断面図である。

【図9】図7に示した状態における媒体対向面に対応する断面を表す断面図である。

【図10】図7に続く工程を示す断面図である。

【図11】図10に示した状態における図4のA-A線断面に対応する断面を表す断面図である。

【図12】図10に示した状態における媒体対向面に対応する断面を表す断面図である。

【図13】図10に続く工程を示す断面図である。

【図14】図13に示した状態における図4のA-A線断面に対応する断面を表す断面図である。

【図15】図13に示した状態における媒体対向面に対応する断面を表す断面図である。

【図16】図13に続く工程を示す断面図である。

【図17】図16に示した状態における図4のA-A線断面に対応する断面を表す断面図である。

【図18】図16に示した状態における媒体対向面に対応する断面を表す断面図である。

【図19】図16に続く工程を示す断面図である。

【図20】図19に示した状態における図4のA-A線断面に対応する断面を表す断面図である。

【図21】図19に示した状態における媒体対向面に対応する断面を表す断面図である。

【図22】図19に続く工程を示す断面図である。

【図23】図22に示した状態における図4のA-A線断面に対応する断面を表す断面図である。

【図24】図22に示した状態における媒体対向面に対応する断面を表す断面図である。

【図25】図22に続く工程を示す断面図である。

【図26】図25に示した状態における図4のA-A線断面に対応する断面を表す断面図である。

【図27】図25に示した状態における媒体対向面に対応する断面を表す断面図である。

【図28】図25に続く工程を示す断面図である。

【図29】図28に示した状態における図4のA-A線断面に対応する断面を表す断面図である。

【図30】図28に示した状態における媒体対向面に対応する断面を表す断面図である。

【図31】図28に続く工程を示す断面図である。

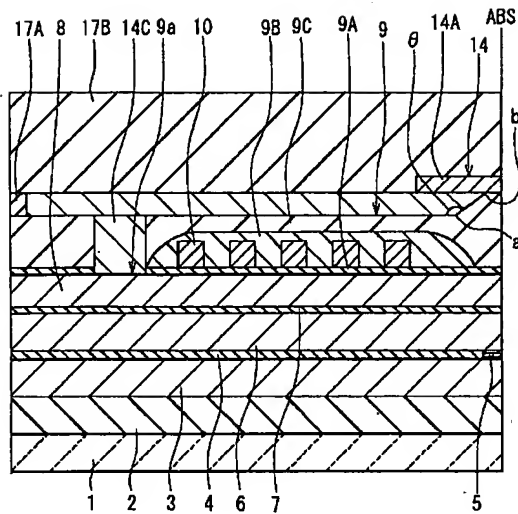
【図32】図31に示した状態における図4のA-A線断面に対応する断面を表す断面図である。

【図33】図31に示した状態における媒体対向面に対応する断面を表す断面図である。

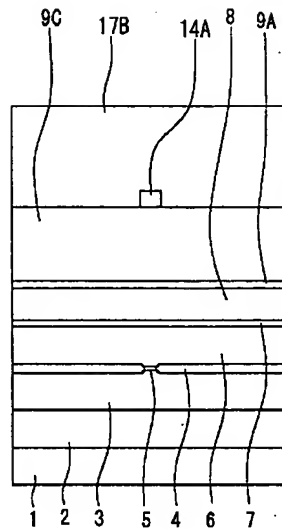
【符号の説明】

3…下部シールド層、4…絶縁層、5…MR素子、6…上部シールド層、7…非磁性層、8…第1の磁性層、9…ギャップ層、9A、9B、9C…絶縁層、10…薄膜コイル、14…第2の磁性層、14A…磁極部分層、14B…ヨーク部分層、14C…連結部、17A、17B…保護層。

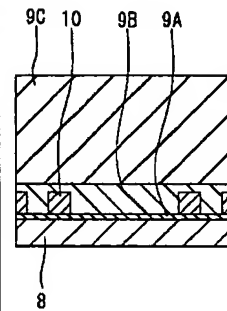
【図1】



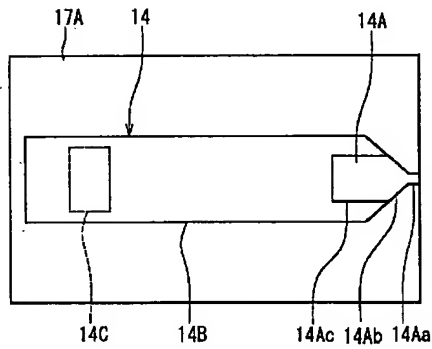
【図2】



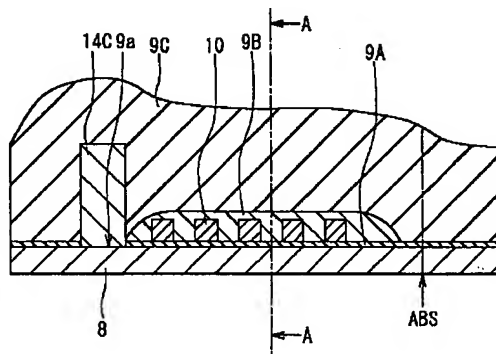
【図5】



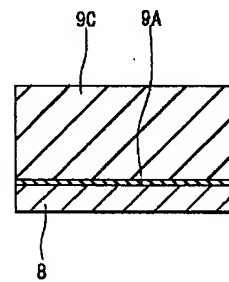
【図3】



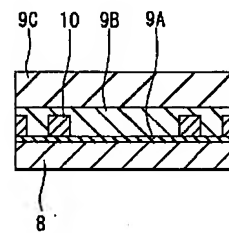
【図4】



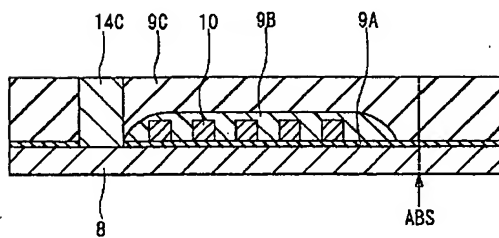
【図6】



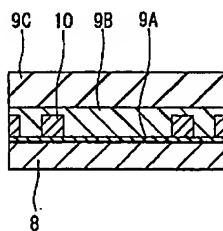
【図11】



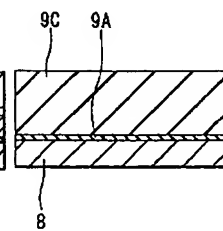
【図7】



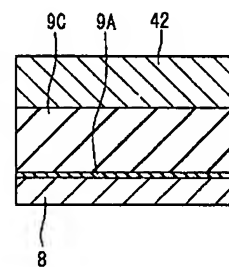
【図8】



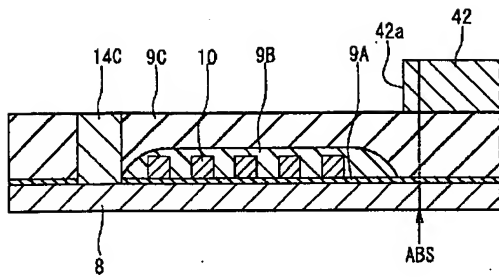
【図9】



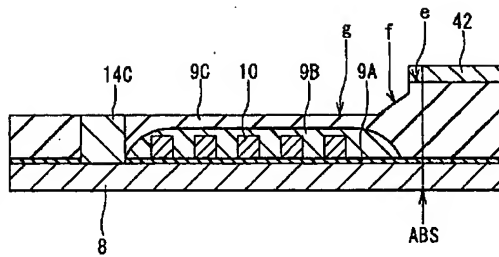
【図12】



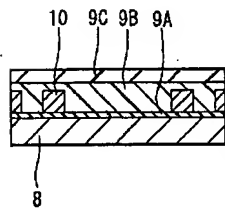
【図10】



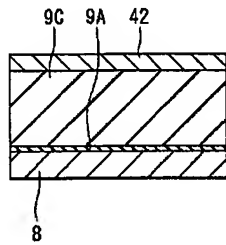
【図13】



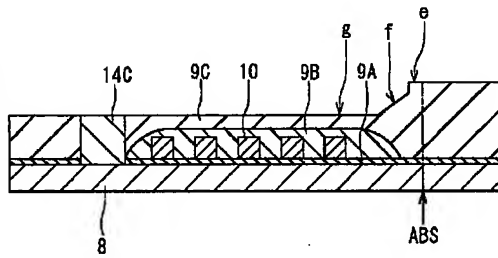
【図14】



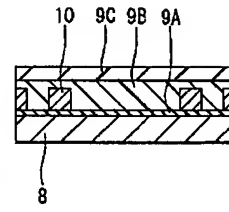
【図15】



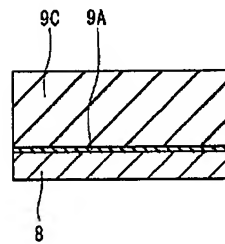
【図16】



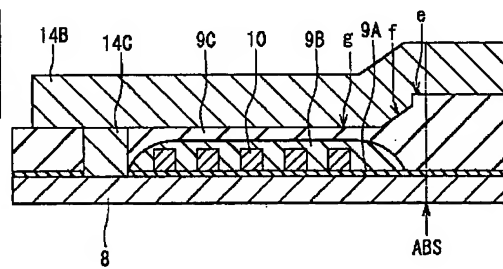
【図17】



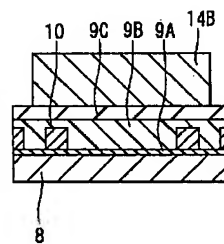
【図18】



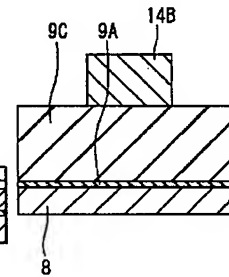
【図19】



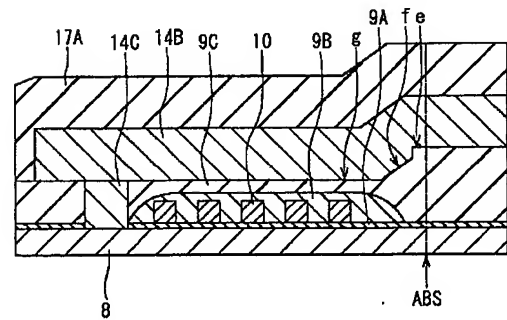
【図20】



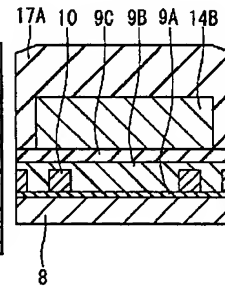
【図21】



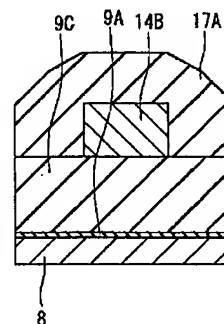
【図22】



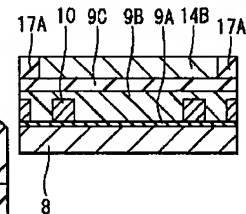
【図23】



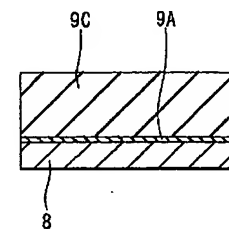
【図24】



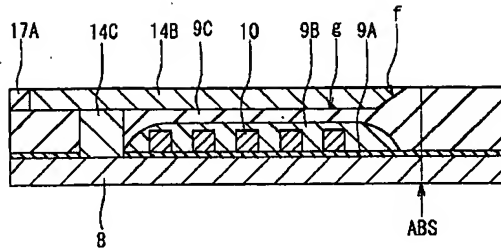
【図26】



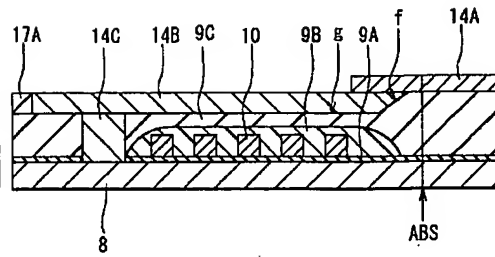
【図27】



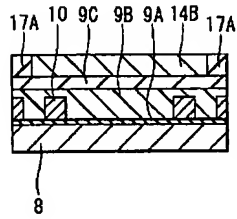
【図25】



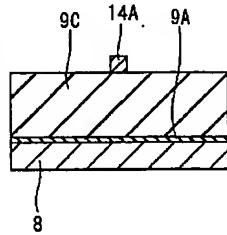
【図28】



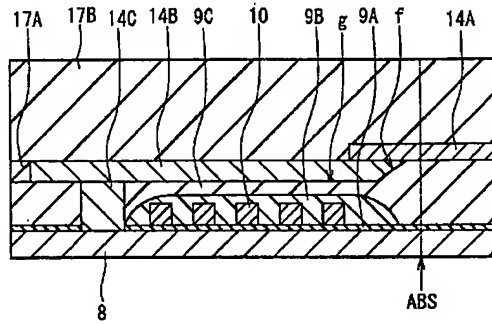
【図29】



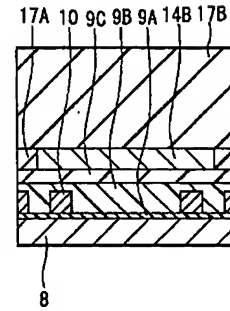
【図30】



【図31】



【図32】



【図33】

